



Virtual reality prototyping in electronics product development

VIRVE-project is a two year effort to develop new virtual reality prototyping (VRP) tools for product designers. The project includes two research partners: University of Oulu and VTT Electronics. A central goal for the project is to design an open application framework which enables to design and construct versatile tools, applications and services for product design.

In our terminology a virtual reality prototype is a photorealistic three dimensional and functional computer model of a small hand held electronics product. Development and utilisation of the prototype can be started already in the concept development phase. A virtual reality prototype can be created from a CAD model.

Virtual reality prototyping exploits 'smart virtual prototype' technique which has been developed at VTT electronics. A smart virtual prototype models a real product consisting of physical components such as mechanical, electronic and software components, as a virtual model, which consists of digital product components respectively. Smart virtual prototypes are based on Internet technologies, such as Java and VRML, that makes it possible to download them into and execute them in common web-browser. Furthermore, simulation models and application agents can be executed in a web-server to insure security. A set of services (WebShaman) have been developed to make the smart virtual prototype a shared virtual prototype among geographically distributed designers.

The article also presents two products which have been developed for web marketing by Cybelius Software, one of two major partners in the VIRVE project. Other partners are Nokia Mobile Phones Oy, Polar Electro Oy, Metsävainio Design Oy.

The research project is part of the TLX technology program. The team is led by professor Tuomo Tuikka (tuomo.tuikka@oulu.fi).

Digitaaliset tuotemallit tiedonvälittäjänä

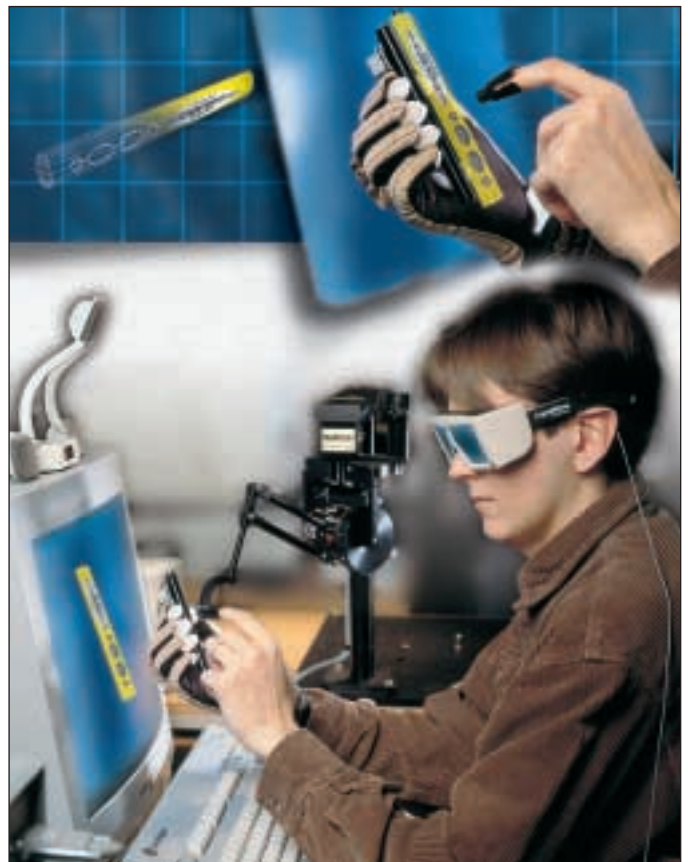
Virtuaaliprototyypit elektroniikkatuotteiden kehityksessä

Elektroniikkatuotteen virtuaaliprototyyppi tietoverkossa on uusi tapa nopeuttaa tuotekehitysprosessia. Digitaalisena esitettävä tuotemalli on saatavilla missä tahansa, mutta sen lisäksi siihen voidaan rakentaa myös tuotteen toiminnallisuutta ja yhteiskäyttöä tukevia piirteitä.

Elektroniikkatuotteen konseptisuunnittelu vaatii nopeasti rakennettavia digitaalisia malleja tuotteen visualisointiin. Virtuaaliprototyyppi on tuotteen digitaalinen malli, jolla voidaan todentaa tuotteen ominaisuudet jo ennen kuin tuotteesta on fyysisiä malleja. VRP työkalut simulaatiomallin rakentamiseen, WebShaman yhteiskäytön palvelut sekä Cybelius Softwaren tuotteet sähköisen markkinoinnin alueella ovat esimerkkejä siitä, miten elektroniikkatuote voidaan tehdä [www:n](http://www.n) kautta saatavaksi virtuaaliprototyypiksi.

Tuotekehitys ja virtuaaliprototyypit

Oulun yliopistossa ja VTT Elektroniikassa on tutkittu miten pienten elektroniikkalaitteiden virtuaaliprototyypintä voi tukea alihankintaverkostona toimivia tuotesuunnittelijoita tuotteen konseptisuunnitteluvaiheessa. Tuotteen alihankkijan kannalta on tärkeää pystyä selkeästi kommunikoimaan asiakkaan kanssa uuden tuotekonseptin oleelliset piirteet, olivat ne sitten mekaanisia, toiminnallisia tai muotoiluun liittyviä seikkoja. Virtuaaliprototyyppi on mahdollisimman todenmukainen



KUVA: VTT ELEKTRONIIKKA

malli tuotteesta.

Virtuaaliprototyyppi voidaan luoda CAD-mallista ja asettaa asiakkaan saataville [www:n](http://www.n) kautta. Ne ovat kolmiulotteisia, niitä voi katsella eri näkökulmista, ja ne ovat toiminnallisia, eli asiakas voi käyttää prototyyppiä aivan kuin oikeaa laitetta.

Toinen tärkeä ominaisuus on virtuaaliprototyypin jakaminen, sillä usein tuotekonsepteja on monta ja suunnittelija haluaa näyttää mitkä ideat ovat kunkin ratkaisun takana. Tällöin suunnittelija voi ottaa asiakkaan virtuaaliprototyypin ohjaukseensa omalta työasemaltaan ja näyttää asiakkaalle miten jokin toiminto

on toteutettu. Esimerkiksi millaisen vastineen jokin näppäinsarja saa laitteen näytössä. Virtuaaliprototyyppi voi jakaa samalla tavoin myös usean käyttäjän kesken, jolloin joku käyttäjistä johtaa suunnittelukousta.

Tietoverkon kautta toimiva virtuaaliprototyyppi voidaan ottaa käyttöön käytännöllisesti katsoen missä tahansa. Tulevaisuudessa täysdigitaalinen tuotekonsepti voidaan viedä nopeasti käyttöliittymän ja sulautetun ohjelmiston testaukseen, tuotantoon ja markkinoille.

Virtuaaliprototyypin mahdollisia sovellusalueita on laajalti. Esimerkkejä näistä ovat

tuotemarkkinointi, tuotteen simulointi ja tuotekehityksen kommunikointi, tuotetiedon hallinnan käyttöliittymä, tuotesuunnittelusuhteen luominen ja ylläpito sekä tuotteen loppukäyttäjän liittäminen tuotekehitysprosessiin. Virtuaaliprototyypointiin liitettävät laitetekniikat mahdollistavat myös tuntoaistimukset haptisella eli tunto- ja voimavasteen toteuttavalla käyttöliittymällä, jolla voidaan todeta esimerkiksi pinnan kovuus, kappaleen dimensiot, tekstuuri, kitka ja värinä.

VIRVE-hankkeessa Oulussa kehitetään sekä ohjelmistotyökaluja, ohjelmistoprototyyppejä että tuotteita tällä alueella. Hanke on jatkoa aiemmalle vahvalle panostukselle tähän tutkimukseen. Esimerkkeinä mainittakoon haptisen käyttöliittymän rakentaminen kolmiulotteiseen toiminnalliseen tuotemalliin VTT Elektronikassa, sekä www:n kautta toimivan älykkäitä virtuaaliprototyyppejä hyödyntävän hajautetun virtuaaliprototyypointijärjestelmän kehittäminen Oulun yliopiston ja VTT Elektronikan yhteistyönä. Tutkimuksen rinnalla Cyberlious Software on tuotteistanut teknologiaa luomalla uusia työkaluja tuotteiden verkkomarkkinointiin.

Älykkäät virtuaaliprototyypit

Älykkäät virtuaaliprototyypit (smart virtual prototypes) kehitettiin Java-pohjaisena, jotta tuotemalleja voitaisiin käyttää verkossa ympäristöstä riippumatta. Toinen keskeinen tavoite oli luoda avoin sovellusala, johon voidaan rakentaa virtuaaliprototyypointia tukevia kehittyneitä työkaluja, sovelluksia ja palveluja.

Teknologia mahdollistaa toiminnalliset ja todenmukaiset

tuotemallit, jotka voidaan tarvittaessa jakaa kahteen osaan. Tuotteen interaktiivinen 3D-malli voidaan ladata VRML-mallin ja erityisen Java-appletin muodossa käyttäjän web-selaimen. Virtuaalimalliin liittyvät erilaiset simulointimallit ja sovellusagentit sen sijaan voidaan sijoittaa suoritettaviksi web-palvelimessa — esimerkiksi tietoturvallisuuden takaamiseksi.

Älykkäiden virtuaaliprototyypin keskeisenä ajatuksena on mallintaa todellinen tuote, joka koostuu joukosta fyysisiä komponentteja (mekaanisia, elektronisia ja ohjelmallisia), virtuaalimallina, joka koostuu puolestaan vastaavista digitaalisista tuotekomponenteista. Digitaaliset tuotekomponentit simuloivat ja jäljittelevät todellisia esikuviaan mahdollisimman tarkasti tarkoituksenmukaisuus huomioon ottaen.

Digitaaliset tuotekomponentit voivat itse asiassa olla jopa enemmän kuin todelliset esikuvansa: niihin voidaan liittää erilaisia älykkäitä toimintoja, ohjelmistoagentteja tai hypertextipohjaista informaatiota. Ohjelmistoagentteja voidaan käyttää esimerkiksi toteutettaessa käytettävyysohjelmaa, jolloin kerätään automaattisesti informaatiota käyttäjän ja tuotteen välisestä vuorovaikutussuhteista.

Digitaalinen tuotekomponentti itsessään koostuu 1–3 osakomponentista: VRML-pohjaisella komponentilla (VRML prototype component) kuvataan tuotekomponentin ulkoasu, jos kysymyksessä on mekaaninen komponentti, esimerkiksi näppäin. Tuotekomponentin käyttäytyminen ja toiminnallisuus puolestaan kuvataan virtuaalikomponentin (virtual component) avulla, jonka käyttäytyminen voidaan kuvata graafisesti tilakoneena ja tekstuaalisesti Ja-

va-koodina. Virtuaalikomponentti toteutetaan Java-oliona ja se voi hyväksikäyttää mielivaltaisia Java-olioita. VRML-komponentti ja virtuaalikomponentti yhdistetään tarvittaessa vuorovaikutuskomponentilla (interactor component).

Kuvassa 1 esitetään älykkäiden virtuaaliprototyypin arkkitehtuuri pääkomponentteineen. Tuotteen VRML-malli koostuu komponentteina käytettävistä VRML prototyypeista. VRML-malli on liitetty kuvan 1 mukaisesti erityiseen Java-sovellukseen (VRML Prototype Activator). Kyseinen sovellus sisältää muun muassa vuorovaikutuskomponentit. Virtuaalikomponentit puolestaan sijaitsevat palvelimessa suoritettavassa tuotteen loogisessa simulointimallissa. Käyttäjän selaimessa suoritettava osa on kytketty loogiseen simulointimalliin kommunikointijärjestelmällä, joka mahdollistaa simulointitapahtumien välittämisen verkon ylitse.

Saumattomasti mallista tuotteeksi

Simulointiarkkitehtuuri toimii seuraavasti. Käyttäjä voi esimerkiksi painaa tuotteen VRML-pohjaiseen käyttöliittymään mallinnettua näppäintä, mistä kertova simulointitapahtuma välitetään vuorovaikutuskomponentin kautta loogiseen simulointimalliin. Sen vastaanottama heräte käynnistää simuloitua tuotetoiminnon. Tuotetoiminnon simulointi puolestaan voi aiheuttaa VRML-mallissa esitetyn tuotteen näytön päivittämisen, mikä hoidetaan näyttöä simuloivan digitaalisen tuotekomponentin avulla.

Kehittämässämme WebShaman-ympäristössä palvelimessa sijaitsevan simulointimallin vastaanottamat tai tuottamat loogiset simulointitapahtumat monis-

tetaan ja välitetään kaikille jaetun tuotemallin sessioon osallistuville, jolloin suoritettua simulaation tulokset ilmenevät samalla tavoin kaikkien ruudulla.

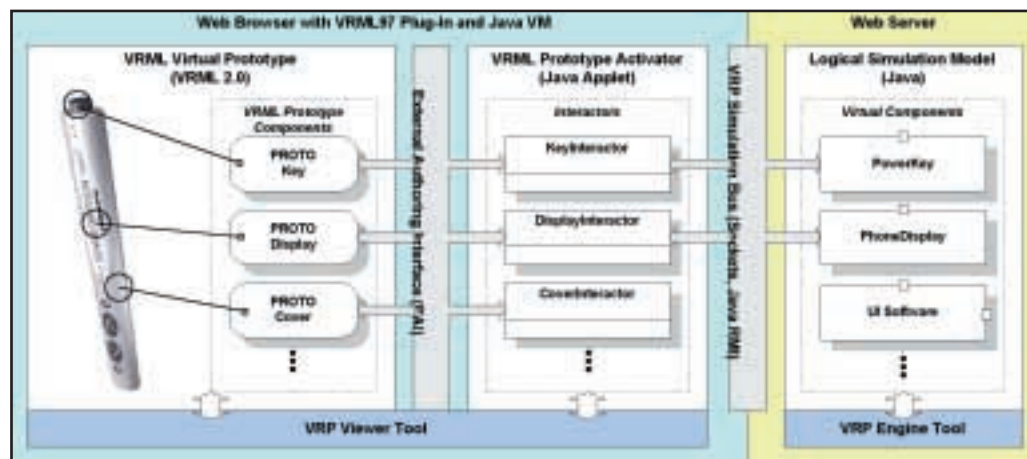
Eräs merkittävä älykkäiden virtuaaliprototyypin vahvuus on niiden tuki heterogeenisille prototyypeille. Ne ovat suoritettavissa olevia prototyyppejä, jotka koostuvat eritasoisista simulointimalleista, lähtien puhtaasti loogisen tason malleista päätyen toteutustason malleihin asti, jotka itse asiassa ovat tuotteeseen tulevia, toimivia laitteita ohjelmistokomponentteja.

Älykkäiden virtuaaliprototyypin Java-pohjaiset komponentit tarjoavat mekanismin ulkopuolisten simulaatioiden, ohjelmistojen ja jopa laitteiden kytkemisen tuotemalleihin. Heterogeeniset prototyypit tulevat tulevaisuudessa mahdollistamaan saumattoman siirtymisen konseptisuunnitteluvaiheen loogisista simulointimalleista valmiiseen tuotteeseen, jolloin tuotteen virtuaalimallin ja lopullisen tuotteen rajaviivat hämärtyvät.

Älykkäiden virtuaaliprototyypin kehittämistä ja käyttöä varten on kehitetty kaksi integroitua työkaluympäristöä: suunnitteluajallinen VRP Builder ja suoritusajallinen VRP Engine. Molemmat ympäristöt ovat täysin Javalla toteutettuja — ainoastaan virtuaalisten tuotemallien katseluun ja käyttöön tarkoitettu VRP Viewer käyttää web-selainten VRML-plugia.

Kuvassa 2 on esitetty VRP Builder -työkalun käyttöliittymä, jossa valittuna työkaluna näkyy virtuaalikomponenttien käyttäytymisen määrittelyssä käytettävä Behaviour Editor. Lähitulevaisuudessa molemmat työkaluympäristöt tulevat olemaan täysin Java-pohjaisia, sillä myös tuotemallien katselutyökalun toteutus tulee perustumaan Java3D-teknologiaan. Vaativimmissa tuotemalleissa käytetään hyväksi myös muita kehittyneitä Java-sovellusrajapintoja, kuten Java Media Framework (JMF) -sovellusrajapintaa, jonka avulla voidaan simuloida esimerkiksi tuotteeseen sisältyviä multimediaominaisuuksia.

Hajautetut virtuaaliprototyypit WebShaman on ohjelmisto, joka tukeutuu älykkäiden virtuaaliprototyypin tekniikkaan. Tavoitteena on ollut saada toiminnallinen tuotemalli nopeasti tuotesuunnittelijoiden yhtäaikaan käyttöön verkkoselaimen kautta. Näin ohjelmisto



Kuva 1. Älykkäiden virtuaaliprototyypin keskeisimmät komponentit ja arkkitehtuuri. Figure 1. The architecture and main components of smart virtual prototypes.

poikkeaa tyypillisestä verkkoselaimen käyttötilanteesta, jossa käyttäjä avaa verkkosivun omaan käyttöönsä.

WebShaman on client/server -mallia toteuttava ohjelmisto, jossa VRP client (kuva 3) on ohjelmiston käyttäjälle näkyvä osa. Kuvan esimerkissä näkyy Netscape 4.5 selain, jossa on Java 2 virtuaalikone sekä Cosmo Player 2.1 plugin VRML virtuaalimallien esittämistä varten.

Netscape-sivun vasemmalla puolella on näkyvissä VRML-virtuaaliprototyyppi, joka on ladattu Cosmo Player-selaimeen. Mallin alapuolella oleva punainen nuoli on kolmiulotteinen osoitin, jolla voidaan osoittaa kutakin keskustelun kohteena olevaa tuotteen komponenttia.

WebShamanin näkyvä osa on rakennettu ohjelmistokomponentiksi VRP clientin sisään. VRP client on kuvan oikealla puolella. Kyseessä on Javan Swing-tekniikalla toteutettu applet, jonka kautta voidaan valita virtuaaliprototyypin komponentteja. Komponenttien ominaisuuksia kuten, väriä ja kokoa, voidaan muuttaa paneelissa olevilla työkaluilla.

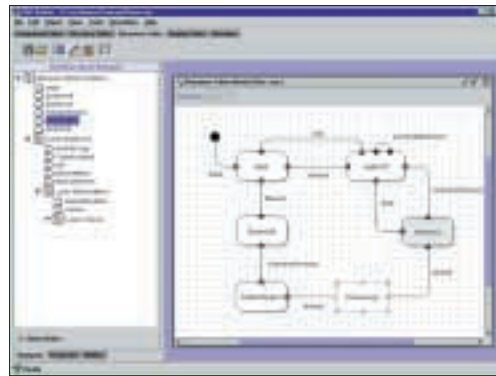
Erikoista WebShaman-tekniikassa on se, että virtuaaliprototyyppiä voidaan käsitellä joko omalla työasemalla tai muutokset voidaan esittää toisille tuotesuunnittelijoille. Tätä varten client lähettää kaikki yleiset viestit, kuten yhteisen kursorin siirron ja virtuaaliprototyyppiä koskevat tapahtumat serverille. Serveri tunnistaa mistä virtuaaliprototyypistä on kysymys, ja välittää siitä koskevat tiedot edelleen niille, jotka käyttävät samaa virtuaaliprototyyppiä.

Tutkimuksesta tuotteistukseen

Tutkimusprojektin rinnalla niin VIRVE-projektissa kuin sitä edeltävissä hankkeissa on tehty myös tuotteistusta. Merkittävässä asemassa tuotteistuksen kannalta on projekteissa ollut Cybelius Software. Yritys kehittää, myy ja markkinoi Internet-pohjaisen tuotemerkinnöinnin ja -kehityksen sovelluksiin tarvittavia ohjelmistotyökaluja ja -konsepteja

Cybelius TouchMore! on JAVA-pohjainen työkalu, jolla lisätään interaktiivisuutta ja toiminnallisuutta 3D VRML -tuotemalleihin Internet- sovelluksissa. Ohjelmistotyökalun ainutlaatuisuus liittyy sillä luotujen toiminnallisten tuotemallien interaktiivisuuteen ja fotorealistsuuteen sekä niiden pieneen tiedostokokoon.

Käytännössä ohjelman avulla



Kuva 2. VRP Builder- Integroitu älykkäiden virtuaaliprototyyppien kehitysympäristö
Figure 2. VRP Builder - The integrated development environment for smart virtual prototypes

VRML (2.0/97) malleihin lisätään toiminnallisuutta älykkäiden komponenttien avulla, joita käyttäjä voi joko poimia valmiina komponenttikirjastosta (esim. valo, nappula, rotaatio) tai tehdä itse ja lisätä komponenttikirjastoon. Komponentteja voidaan tiputtaa VRML-puuhun (Tree Window), joka havainnollistaa VRML mallin rakenteen. Komponentti ohjelmoitetaan toiminnalliseksi viemällä se tämän jälkeen FlowEditor-ikkunaan, jossa voidaan graafisesti yhdistää eri komponenttien input- ja output- kentät. VRML malli on myös kokoajan näkyvillä omissa 3D ikkunassaan.

VRML-tiedostojen lisäksi ohjelmaan voidaan tuoda sisälle myös GZIP-tiedostoja ja tiedostoja voidaan myös siirtää kummassakin muodossa. VRML-tiedostoja on myös mahdollista optimoida ohjelman sisälle integroidulla Optimizer-työkalulla, joko ennen tai jälkeen toiminnallisuuden lisäämistä, tai sekä ennen että jälkeen. Optimointi pienentää tiedostokokoa jopa puoleen. Ohjelmistotyökalua voidaan käyttää tuotteen elinkaaren kaikissa vaiheissa: suunnittelusta ja design-vaiheesta tuotantoon ja markkinointiin sekä tuotekoulutukseen, tukeen ja huoltoon. Cybelius TouchMore! 2.0 valittiin Spring Internet World '99 -messujen parhaaksi tuotteeksi ("Best of Show Award") omissa sarjassaan (Web Development Application Software).

Cybelius ShowMore! on erityisesti webmastereille ja sisältötuottajille suunnattu työkalu interaktiivisten Internet-pohjaisen tuote-esittelyiden tekoon 3D VRML -tuotemalleja hyödyntäen. Lopputuloksena saatu esitys koostuu 3D-näytöstä tuotemalleineen ja tähän liittyvästä kontrollialueesta. 3D-näytössä voidaan esitellä erilaisia tuotemalleja, kuten elektronisia laitteita,



Kuva 3. VRP-client, "kynäpuhelin"-virtuaaliprototyyppi ja WebShaman palvelut appletissa.
Figure 3. VRP-client, "pen shaped phone" -virtual prototype and WebShaman services in the applet.



Kuva 4. Cybelius TouchMore!n graafinen käyttöliittymä
Figure 4. Graphical user interface of Cybelius TouchMore!

huonekaluja tai vaikkapa huoneistoja. Ohjelmisto on MS FrontPage'98 yhteensopiva.

Virtuaaliprototyypoinnin tulevaisuus

Kolmiulotteiset toiminnalliset tuotemallit tulevat olemaan yksi merkittävimmistä uusista sovellusalueista tietoverkkojen tulevaisuudessa. Uusien prosessoritekniikoiden ja näytönohjainten kehittyminen tukee tätä näkemystä. Ratkaisevaa on kuitenkin tutkimuksen ja tuotteistuksen kannalta löytää oikeat valinnat sekä sovellusalueen että tekniikoiden kannalta. ●

Aiheesta enemmän
VIRVE-projektin kotisivu:
www.hci.oulu.fi/virve/
ShowMore!- ja TouchMore-ohjelmien kehittäjä:
www.cybelius.com

Virtuaaliprototyyppiä:
www.ele.vtt.fi/projects/virpi/
Työkaluja virtuaaliseen suunnitteluun:
www.ele.vtt.fi/projects/vrp/vrp.html

Bugsy-puhelin:
www.hci.oulu.fi/bugsy/
New Product Development based on Virtual Reality Prototyping, MET-julkaisu, 13/99

Taustat

Kirjoittajat: Tuomo Tuikka on vs. professori Oulun yliopiston Tietojenkäsittelytieteiden laitoksella. Mikko Kerttula on tutkija VTT Elektroniiikassa. Marko Salmela on tutkija VTT Elektroniiikassa. Hannu Paasovaara toimii suunnittelujohtajana CCC Software Professional Oy:ssä.

Yhteystieto:
Tuomo.Tuikka@oulu.fi

Tutkimushanke: VIRVE — Tuotteen Virtuaaliprototyypointi Verkottuneiden elektroniikka- ja tietoliikenneyritysten hajautetussa suunnittelussa.

Yhteistyössä: Oulun yliopiston tietojenkäsittelytieteiden laitos, VTT Elektroniiikka, Nokia Matkapuhelimet, Cybelius Software/CCC Software Professionals Oy, Polar Electro Oy ja Metsävainio Design Oy.

Teknologiaohjelma: TLX